

## **ANALISIS KEDIP TEGANGAN (VOLTAGE SAGS) AKIBAT PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DENGAN BERBAGAI METODE PENGASUTAN STUDI KASUS DI PT. ABAISIAT RAYA**

**Andi Pawawoi**

*Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unand*

### **ABSTRAK**

*Suatu sistem tenaga listrik harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (voltage sags). Kedip tegangan ini dapat disebabkan oleh Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar. Pada pengasutan motor arus starting yang dihasilkan dapat mencapai 5-10 kali nilai nominalnya, sehingga perlu diterapkan metode starting motor untuk mereduksi arus yang besar ini.*

*Studi kasus penelitian ini dilakukan di Pabrik Karet PT. Abaisiat Raya. Simulasi pengasutan motor yang ada di jaringan kelistrikan pabrik ini dilakukan dengan beberapa metode starting. Hasil simulasi ini kemudian dibandingkan dengan standar yang ada. Dengan melihat standar-standar yang digunakan dan hasil analisis, pengasutan motor dengan dengan metode star-delta, metode resistor tap 45%, dan metode auto-transformer tap 70% mampu mereduksi kedip tegangan yang terjadi pada setiap busbar.*

### **1. PENDAHULUAN**

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya. Tersedianya penyaluran energi listrik yang kontinyu pada suatu kawasan industri akan menghindarkan perusahaan tersebut dari kerugian produksi atau “*loss of production*” yang secara finansial akan sangat merugikan perusahaan

Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi listrik secara kontinyu. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (*voltage sags*). Gangguan ini merupakan gangguan transien pada sistem tenaga listrik, yaitu kenaikan atau penurunan tegangan sesaat (selama beberapa detik) pada jaringan sistem.

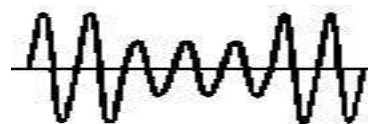
Kedip tegangan dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu : pertama, adanya gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik itu sendiri; kedua, adanya perubahan beban secara mendadak (seperti : switching beban dan pengasutan motor induksi). Penurunan tegangan pada sistem ini akan dapat menyebabkan

gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai kedip tegangan yang terjadi akibat adanya pengasutan motor induksi berkapasitas besar yang ada di pabrik karet PT. Abaisiat Raya.

### **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Menurut standar IEEE 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, definisi *sag/kedip* adalah penurunan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 cycles (0,01detik) sampai 1 menit. Dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 pu pada harga rms besaran tegangan atau arus. Hal ini menyebabkan lepasnya (*trip*) peralatan-peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan. Gambar 2.1 menunjukkan gangguan *sag/kedip*.



**Gambar 2.1** Kedip Tegangan

## 2.1. Penyebab Kedip Tegangan

Kedip tegangan berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi *under voltage* lebih dari 1 menit dan dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*). Dip tegangan dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, diantaranya:

1. Secara umum disebabkan oleh gangguan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
2. Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar.
3. Sesuatu yang terjadi pada saluran penyaluran daya, seperti kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan, sambaran petir (*lightning strike*) dan benda jatuh yang menyebabkan gangguan ke tanah.
4. Perubahan beban yang berlebihan/di luar batas kemampuan sistem daya

Perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (*motor starting*) juga dapat menyebabkan dip tegangan.

## 2.2 Batasan Nilai Kedip Tegangan

Nilai dari kedip tegangan (*voltage dip*) harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi kerja dari peralatan-peralatan elektronik ataupun peralatan-peralatan kontrol dalam suatu pabrik/industri.

**Tabel 2.1** Tipikal rentang kualitas daya input dan parameter beban pada sebuah komputer

| Parameter                                | Rentang  |
|--|--|
| Batasan tegangan ( <i>steady state</i> ) | +6 %, -13 %                                    |
| Gangguan tegangan                        | <i>Surge</i> +15 % - maks 0,5 s                |
|  | <i>Sag</i> -18 % - maks 0,5 detik              |
|  | <i>Transient overvoltage</i> 150-200 % - 0,2 s |
| Harmonik                                 | Maks 5% (peralatan beroperasi)                 |
| Kompatibilitas elektromagnetik           | Maks 1 V/m                                     |
| Batasan frekuensi                        | 60 Hz $\pm$ 0,5                                |
| Perubahan frekuensi                      | 1 Hz/s   |
| Tegangan tiga-fasa tak imbang            | 2,5 %  |

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Beban tiga-fasa tak imbang | 5 – 20 %                            |
| Faktor daya                | 0,8 – 0,9                           |
| <i>Load demand</i>         | 0,75 – 0,85 (dari beban tersambung) |

Sumber : IEEE std 446-1995, *IEEE*

*Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Application.*

**Tabel 2.1** Sensitivitas peralatan terhadap *temporary low-voltage*

| Lokasi <i>drop</i> tegangan                       | Tegangan minimum yang diperbolehkan (% <i>rating</i> peralatan) |
|---|---|
| Terminal motor yang diasut                        | 80 %  |
| Terminal motor lain yang memerlukan re-akselerasi | 71 %  |
| Kontaktor AC <i>trip</i> (menurut standar)        | 85 %  |
| Kontaktor DC <i>trip</i> (menurut standar)        | 80 %  |
| Kontaktor <i>hold-in</i>                          | 60 – 70 %   |
| Piranti kontrol <i>solid-state</i>                | 90 %  |
| Tipikal peralatan elektronik                      | 80 %  |
| Ballast lampu Metal halide atau HP sodium         | 90 %  |

Sumber : PacifiCorp, *Engineering Handbook*.

## 2.3 Drop Tegangan Saat Pengasutan Motor

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 5 – 10 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting*/pengasutan cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan kedip tegangan sesaat. Akibat yang merugikan karena terjadinya kedip tegangan antara lain :

1. Torsi transien *shaft* pada motor, yang dapat menyebabkan *stress* yang berlebihan pada sistem mekanik.
2. *Drop* tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
3. Mal-fungsi dari kinerja peralatan-peralatan lain, seperti : rele, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpan

data), dan terjadinya *flicker* pada penerangan yang dapat mengganggu.

## 2.4 Metode Pengasutan Motor

### 2.4.1 Metode Direct on Line(d.o.l)

*Starting* motor induksi dapat dihubungkan secara langsung (d.o.l.). Ketika motor dengan kapasitas yang sangat besar di-*start* dengan *direct-on-line*, tegangan sistem akan terganggu (terjadi *voltage dip* pada jaringan suplai) karena adanya arus *starting* yang besar. Gangguan tegangan ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronis yang lain yang terhubung dengan sumber.

### 2.4.2 Metode Autotransformer

Salah satu cara untuk mengurangi tegangan terminal ke motor adalah dengan menurunkannya dengan menggunakan trafo. Kemudian, ketika motor telah mencapai percepatan yang mendekati kecepatan maksimum, tegangan yang telah diturunkan akan dikembalikan lagi ke normal. Kondisi *starting* motor bergantung pada posisi *tapping* pada belitan trafo. Biasanya terdapat tiga atau lebih pilihan *tapping* yang disediakan sebagai alternatif kondisi *starting*, seperti : 40 %, 60 %, atau 75 % tegangan saluran.

### 2.4.3 Metode Star-Delta

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut : pada posisi *start*, belitan terhubung bintang/*star*, sedangkan pada posisi *running* belitan terhubung delta. Tegangan yang melewati masing-masing fase belitan pada posisi *start* bintang adalah 58 % atau  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dari tegangan hubungan delta, dengan konsekuensi arus yang mengalir berkurang saat *starting*.

### 2.4.4 Metode Reaktor/resistor Seri

Dapat dikatakan bahwa untuk membatasi arus yang dibangkitkan, resistor menambah impedans pada rangkaian AC yang sebanding dengan nilai induktans dan frekuensi yang digunakan. Jatuh tegangan pada saluran mungkin bisa lebih kecil karena pengasutan dengan resistor mempunyai faktor daya yang lebih baik.

## 2.5 Perhitungan Kedip Tegangan

Dalam perhitungan kedip tegangan, nilai *minimum symmetrical interrupting duty* pada titik sumber sistem harus diketahui. Kemudian,

menghitung impedans saluran sistem atau reaktans antara titik sumber dan motor. Impedans motor dapat dihitung berdasarkan katalog dari pabrik pembuatnya, yang biasanya diberikan nilai untuk tegangan penuh dan arus *locked-rotor*.

Dalam menghitung tegangan motor saat terjadi pengasutan digunakan persamaan :

$$V_s = \frac{Z_m}{\sqrt{(R_m + R_s)^2 + (X_m + X_s)^2}} \times V_l$$

dengan :

- $V_s$  = tegangan motor saat pengasutan (V)
- $V_l$  = tegangan awal saat pengasutan (V)
- $Z_m$  = impedans motor yang diasut ( $\Omega$ )
- $R_m$  =  $Z_m \cos \theta_m$  ( $\Omega$ )
- $X_m$  =  $Z_m \sin \theta_m$  ( $\Omega$ )
- $\cos \theta_m$  = faktor daya arus yang ditarik oleh motor yang diasut
- $R_s$  = resistans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )
- $X_s$  = reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi:

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m + X_s} \times V_l$$

dengan :

- $V_s$  = tegangan motor saat pengasutan (V)
- $V_l$  = tegangan awal saat pengasutan (V)
- $Z_m$  = impedans motor yang diasut ( $\Omega$ )
- $X_s$  = reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )

Karena perhitungan *drop* tegangan saat pengasutan motor biasanya ditujukan untuk motor-motor yang memiliki kapasitas diatas 100 HP, *error* yang ada pada persamaan yang disederhanakan dapat diabaikan. Prosentase *drop* tegangan saat pengasutan dapat diperoleh melalui persamaan :

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m + X_s} \times V_l$$

dengan :

- %  $V_s$  = prosentase tegangan sistem saat *starting* motor
- %  $Z_m$  = prosentase impedans motor
- %  $X_s$  = prosentase reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem

Besar impedans motor (ohm) adalah :

$$Z_m = \frac{V_m}{\sqrt{3} \times I_s}$$

dengan :

$V_m$  = tegangan *rating* motor (V)

$I_s$  = arus *starting* pada tegangan *rating* motor (A)

Prosentase impedans motor dihitung dengan persamaan :

$$\% Z_m = \frac{100}{I_{LR} / I_{FL}}$$

dengan :

$I_{LR}$  = arus locked-rotor (A)

$I_{FL}$  = arus beban penuh/*full-load* (A)

### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Di pabrik PT. Abaisiat Raya terdapat sebuah panel *hammermill* yang didalamnya terdapat 2 motor induksi yang berkapasitas 220 HP dan 2 motor induksi berkapasitas 100 HP. Motor ini digunakan untuk mencacah dan memukul-mukul bahan olahan karet sehingga bahan olahan karet menjadi lebih kecil. Pada saat pengasutan, motor induksi tersebut akan menarik arus *start* yang besar. Dengan mengalirnya arus *start* yang besar ini, maka *drop* tegangan sesaat yang terjadi di sistem busbar juga akan besar.

Dalam melakukan studi analisis kedip tegangan di pabrik ini, digunakan *software* ETAP (*Electrical Transient Analyzer Programme*). Dengan menggunakan program ini, maka dapat dilakukan simulasi jaringan sistem kelistrikan pabrik PT. Abaisiat Raya sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Pengasutan motor induksi pada simulasi ini dilakukan pada kondisi pembebanan penuh (*100% loading*). Dalam melakukan simulasi kedip tegangan ini, simulasi akan dibagi menjadi beberapa skenario. Pembagian konfigurasi skenario ini didasarkan atas penggunaan sumber pembangkit tenaga listrik dan metode pengasutan motor yang digunakan.

#### 3.1 Skenario 1

Simulasi dilakukan berdasarkan kondisi real di lapangan. Listrik disuplai dari genset utama, dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 1997,5 KVA ( 1598 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *star-delta*.

**Table 3.1** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 1

| Bus               | Arus (A) | Kondisi <i>starting</i> |        |          |             |
|-------------------|----------|-------------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)             | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                         | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3489     | 400                     | 346    | 13,5     | 385         |
| Gilingan          | 1439     | 388                     | 331    | 14,69    | 372         |
| <i>Hammermill</i> | 1518     | 400                     | 327    | 18,25    | 375         |
| <i>Cuttermill</i> | 371      | 398                     | 343    | 13,82    | 382         |
| <i>Dryer</i>      | 191      | 397                     | 342    | 13,85    | 381         |
| Bengkel           | 187      | 395                     | 340    | 13,92    | 380         |
| Laboratorium      | 19       | 399                     | 345    | 13,53    | 384         |
| Kantor            | 25       | 398                     | 344    | 13,57    | 383         |
| Penerangan        | 15       | 399                     | 345    | 13,53    | 384         |

#### 3.2 Skenario 2

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 1997,5 KVA ( 1598 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *direct on line* (d.o.l). Pengasutan motor induksi dilakukan dengan menghubungkan tegangan secara langsung.

**Table 3.2** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 2

| Bus               | Arus (A) | Kondisi <i>starting</i> |        |          |             |
|-------------------|----------|-------------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)             | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                         | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 5473     | 400                     | 282    | 29,5     | 384         |
| Gilingan          | 1808     | 388                     | 264    | 31,96    | 371         |
| <i>Hammermill</i> | 3123     | 400                     | 244    | 39       | 374         |
| <i>Cuttermill</i> | 456      | 398                     | 279    | 29,9     | 382         |
| <i>Dryer</i>      | 236      | 397                     | 277    | 30,23    | 380         |
| Bengkel           | 232      | 395                     | 275    | 30,38    | 379         |
| Laboratorium      | 15       | 399                     | 282    | 29,32    | 383         |
| Kantor            | 20       | 398                     | 281    | 29,4     | 382         |
| Penerangan        | 12       | 399                     | 281    | 29,57    | 383         |

#### 3.3 Skenario 3

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 1997,5 KVA ( 1598 KW).

**Table 3.3** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 3

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3975     | 400              | 330    | 17,5     | 385         |
| Gilingan          | 1514     | 388              | 315    | 18,81    | 372         |
| <i>Hammermill</i> | 1935     | 400              | 307    | 23,25    | 375         |
| <i>Cuttermill</i> | 388      | 398              | 328    | 17,59    | 382         |
| <i>Dryer</i>      | 201      | 397              | 326    | 17,88    | 381         |
| Bengkel           | 197      | 395              | 324    | 17,97    | 380         |
| Laboratorium      | 18       | 399              | 330    | 17,29    | 384         |
| Kantor            | 24       | 398              | 329    | 17,34    | 383         |
| Penerangan        | 14       | 399              | 329    | 17,54    | 384         |

### 3.4 Skenario 4

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 1997,5 KVA (1598 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *resistor tap 45%*. Pada metode ini tegangan yang dihubungkan ke kumparan stator melalui sebuah resistor yang dipasang seri dengan kumparan stator.

**Table 3.4** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 4

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3903     | 400              | 355    | 11,25    | 384         |
| Gilingan          | 1397     | 388              | 341    | 12,11    | 372         |
| <i>Hammermill</i> | 1925     | 400              | 332    | 17       | 375         |
| <i>Cuttermill</i> | 360      | 398              | 353    | 11,31    | 382         |
| <i>Dryer</i>      | 186      | 397              | 352    | 11,34    | 381         |
| Bengkel           | 182      | 395              | 350    | 11,39    | 380         |
| Laboratorium      | 19       | 399              | 355    | 11,03    | 384         |
| Kantor            | 26       | 398              | 354    | 11,06    | 383         |
| Penerangan        | 15       | 399              | 355    | 11,03    | 385         |

### 3.5 Skenario 5

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dengan total kapasitas pembangkitan sebesar 1997,5 KVA (1598 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *auto-transformer* dengan tap 70% tegangan nominal.

**Table 3.5** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 5

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3482     | 400              | 359    | 10,25    | 389         |
| Gilingan          | 1383     | 388              | 345    | 11,08    | 376         |
| <i>Hammermill</i> | 1574     | 400              | 339    | 15,25    | 380         |
| <i>Cuttermill</i> | 357      | 398              | 356    | 10,55    | 387         |
| <i>Dryer</i>      | 184      | 397              | 355    | 10,58    | 386         |
| Bengkel           | 180      | 395              | 353    | 10,63    | 384         |
| Laboratorium      | 19       | 399              | 358    | 10,28    | 388         |
| Kantor            | 26       | 398              | 357    | 10,3     | 388         |
| Penerangan        | 15       | 399              | 358    | 10,28    | 388         |

### 3.6 Skenario 6

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dan genset backup dengan total kapasitas pembangkitan 2582,5 KVA (1926,5 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *direct on line (d.o.l)*.

**Table 3.6** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 6

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 5541     | 400              | 308    | 23       | 384         |
| Gilingan          | 1638     | 388              | 291    | 25       | 376         |
| <i>Hammermill</i> | 3406     | 400              | 266    | 33,5     | 379         |
| <i>Cuttermill</i> | 417      | 398              | 305    | 23,37    | 387         |
| <i>Dryer</i>      | 216      | 397              | 303    | 23,68    | 385         |
| Bengkel           | 212      | 395              | 301    | 23,8     | 384         |
| Laboratorium      | 17       | 399              | 307    | 23,06    | 388         |
| Kantor            | 22       | 398              | 306    | 23,12    | 387         |
| Penerangan        | 13       | 399              | 307    | 23,06    | 388         |

### 3.7 Skenario 7

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dan genset backup dengan total kapasitas pembangkitan 2582,5 KVA (1926,5 KW). Metode pengasutan

motor yang digunakan adalah metode *auto-transformer* dengan tap 70% tegangan nominal.

**Table 3.7** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 7

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3977     | 400              | 346    | 13,5     | 385         |
| Gilingan          | 1437     | 388              | 332    | 17,01    | 376         |
| <i>Hammermill</i> | 2029     | 400              | 322    | 19,5     | 380         |
| <i>Cuttermill</i> | 370      | 398              | 344    | 13,57    | 387         |
| <i>Dryer</i>      | 191      | 397              | 342    | 13,85    | 386         |
| Bengkel           | 187      | 395              | 341    | 13,67    | 384         |
| Laboratorium      | 19       | 399              | 346    | 13,28    | 388         |
| Kantor            | 25       | 398              | 345    | 13,32    | 388         |
| Penerangan        | 15       | 399              | 346    | 13,28    | 389         |

### 3.8 Skenario 8

Pada simulasi dengan skenario pertama listrik disuplai dari genset utama dan genset backup dengan total kapasitas pembangkitan 2582,5 KVA (1926,5 KW). Metode pengasutan motor yang digunakan adalah metode *resistor* tap 40%..

**Table 3.8** Profil arus dan tegangan saat pengasutan motor pada bagian *hammermill* sesuai skenario 8

| Bus               | Arus (A) | Kondisi starting |        |          |             |
|-------------------|----------|------------------|--------|----------|-------------|
|                   |          | Sebelum (V)      | Selama |          | Sesudah (V) |
|                   |          |                  | (V)    | Vdip (%) |             |
| Utama             | 3482     | 400              | 368    | 8        | 384         |
| Gilingan          | 1346     | 388              | 354    | 8,76     | 371         |
| <i>Hammermill</i> | 1992     | 400              | 344    | 14       | 375         |
| <i>Cuttermill</i> | 348      | 398              | 365    | 8,29     | 382         |
| <i>Dryer</i>      | 180      | 397              | 364    | 8,31     | 381         |
| Bengkel           | 176      | 395              | 363    | 8,1      | 380         |
| Laboratorium      | 20       | 399              | 367    | 8,02     | 384         |
| Kantor            | 26       | 398              | 366    | 8,04     | 383         |
| Penerangan        | 16       | 399              | 367    | 8,02     | 384         |

### 3.8 Perbandingan hasil Simulasi Berbagai Skenario

**Table 3.9** Perbandingan kedip tegangan beberapa konfigurasi skenario menggunakan genset utama

| Bus               | % kedip tegangan |            |            |            |
|-------------------|------------------|------------|------------|------------|
|                   | Skenario 1       | Skenario 2 | Skenario 3 | Skenario 4 |
| Utama             | 13,5             | 29,5       | 17,5       | 11,25      |
| Gilingan          | 14,69            | 31,96      | 18,81      | 12,11      |
| <i>Hammermill</i> | 18,25            | 39         | 23,25      | 17         |
| <i>Cuttermill</i> | 13,82            | 29,9       | 17,59      | 11,31      |
| <i>Dryer</i>      | 13,85            | 30,23      | 17,88      | 11,34      |
| Bengkel           | 13,92            | 30,38      | 17,97      | 11,39      |
| Laboratorium      | 13,53            | 29,32      | 17,29      | 11,03      |
| Kantor            | 13,57            | 29,4       | 17,34      | 11,06      |
| Penerangan        | 13,53            | 29,57      | 17,54      | 11,03      |

**Table 3.10** Perbandingan nilai persentase kedip tegangan hasil simulasi beberapa konfigurasi skenario menggunakan genset utama & back up

| Bus               | % kedip tegangan |            |             |              |
|-------------------|------------------|------------|-------------|--------------|
|                   | Skenario IV      | Skenario V | Skenario VI | Skenario VII |
| Utama             | 10,25            | 23         | 13,5        | 8            |
| Gilingan          | 11,08            | 25         | 17,01       | 8,76         |
| <i>Hammermill</i> | 15,25            | 33,5       | 19,5        | 14           |
| <i>Cuttermill</i> | 10,55            | 23,37      | 13,57       | 8,29         |
| <i>Dryer</i>      | 10,58            | 23,68      | 13,85       | 8,31         |
| Bengkel           | 10,63            | 23,8       | 13,67       | 8,1          |
| Laboratorium      | 10,28            | 23,06      | 13,28       | 8,02         |
| Kantor            | 10,3             | 23,12      | 13,32       | 8,04         |
| Penerangan        | 10,28            | 23,06      | 13,28       | 8,02         |

**Table 3.11** Nilai rata-rata persentase kedip tegangan hasil simulasi

| Bus          | % kedip tegangan rata-rata |
|--------------|----------------------------|
| Kondisi real | 14,4                       |
| Skenario I   | 31,22                      |
| Skenario II  | 18,45                      |
| Skenario III | 11,81                      |
| Skenario IV  | 11,09                      |
| Skenario V   | 24,82                      |
| Skenario VI  | 14,69                      |
| Skenario VII | 8,94                       |

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa pada kedip tegangan yang terjadi akibat pengasutan motor pada skenario 2 dan 6 mencapai angka terbesar jika dibandingkan dengan pengasutan pada skenario lainnya. Metode pengasutan pada skenario ini adalah pengasutan dengan metode langsung (*direct-on-*

*line/d.o.l.*). Besarnya kedip tegangan yang terjadi sesuai dengan teori, bahwa pada pengasutan motor dengan metode langsung (*d.o.l.*), motor akan menarik arus yang sangat besar pada tegangan penuh. Sehingga kedip tegangan yang terjadi pada saluran juga akan besar. Nilai kedip tegangan yang terjadi pada kedua skenario ini melebihi batas standar berdasarkan IEEE Std.1159-1995.

Pada skenario 4 dan 8 menggunakan metode resistor yang diserikan dengan kumparan rotor, kedip tegangan yang terjadi mencapai nilai yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena impedansi rotor menjadi lebih besar, sehingga menyebabkan arus stator menjadi rendah.

Dari semua hasil simulasi di atas terlihat bahwa kedip tegangan terbesar terjadi pada sisi *hammermill*. Hal ini disebabkan karena motor yang diasut berada pada bus ini, sehingga kedip tegangan terbesar terjadi pada bagian ini. Besarnya kapasitas daya pembangkitan juga mempengaruhi nilai kedip yang terjadi. Hal ini ditunjukkan oleh skenario 5-8, dimana dalam skenario ini digunakan pembangkit genset utama dan genset back up. Nilai kedip tegangan yang terjadi pada skenario ini lebih kecil daripada kedip tegangan yang terjadi pada skenario kondisi awal real di lapangan dan kondisi skenario 1-4.

### 3.9 Upaya Penanggulangan Gangguan Kedip Tegangan

Upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi kedip tegangan yang terjadi pada saat *starting* motor antara lain berdasarkan simulasi yang dilakukan :

#### 1. Membatasi arus *start*

Pada saat dilakukan *starting* motor, motor akan menarik arus *start* yang besar. Dengan besarnya arus yang mengalir pada jaringan sistem, maka akan terjadi kedip tegangan yang besar pula. Dengan dibatasinya arus yang ditarik oleh motor, maka kedip yang terjadi akan dapat diminimalisir. Hal ini terlihat dari tabel 3.9 dan 3.10 simulasi berbagai skenario.

#### 2. Menambah kapasitas daya suplai

Kedip tegangan yang terjadi saat pengasutan motor dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas daya suplai saat dilakukan pengasutan jika dimungkinkan. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada table 3-9 dan 3.10. Penambahan kapasitas daya suplai sistem dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan genset back up.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

1. Besarnya kedip tegangan rata-rata terbesar terjadi pada pengasutan motor dengan metode *direct on line*
2. Besarnya kedip tegangan rata-rata terkecil terjadi pada pengasutan motor dengan metode *star-delta*) metode *resistor tap 45%* dengan demikian metode ini merupakan alternatif yang terbaik untuk meminimalisir kedip tegangan yang terjadi
4. Kedip tegangan dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas suplai daya dari pembangkit dan mengurangi arus pengasutan dengan cara menggunakan metode pengasutan.

### 4.2 Saran

Pada penelitian ini hanya parameter tegangan dan arus yang diamati. Diharapkan untuk penelitian berikutnya, parameter-parameter yang diamati dapat lebih banyak dan bervariasi, misalnya : durasi *dip* tegangan, torka awal yang terjadi, faktor daya, dan frekuensi sistem.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] Saudin, Norshafinash. 2007. "*Voltage Sags Mitigation Techniques Analysis*". <http://eprints.utm>
- [2] Arrilangga, J dan Watson, N R. 2000. *Power system Assessment*. John Wiley & Sons.
- [3] Seminar Nasional Ketenagalistrikan. 2005. "Simulasi Tegangan Dip pada Distribusi Tegangan rendah Menggunakan EMTP". Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. <http://uyak03.files.wordpress.com>
- [4] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-1995
- [5] Malik, Marshal. 2005. *Penggunaan Motor Induksi Besar Di PLTU*. Tugas Akhir Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta.
- [6] Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Kadir, Abdul. 1986. *Mesin Tak Serempak Edisi Kedua*.

- [8] Turan Gonen. 1987. *Electricity Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill book Company. 2<sup>nd</sup> Printing.
- [9] Stevenson, William. 1993. *Analisisi Sistem Tenaga listrik edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- [10] Power Station 4.0 User Guide ETAP. Operation Technology, Inc. Desember 2001

#### **BIODATA**

Penulis adalah staf pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Lulus Program Sarjana tahun 1996 pada Bidang Teknik Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2002 menyelesaikan studi program magister bidang Konversi Energi Elekttrik di ITB Bandung

E-mail :

[andiawowo234@yahoo.com](mailto:andiawowo234@yahoo.com);

andi\_wawo@ft.unand.ac.id